



Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap

Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Underjordisk dagvattenhantering i urban miljö

Urban subterranean stormwater treatment



Markus Nilsson

Självständigt arbete/Examensarbete/Kandidatarbete 15 hp

Landskapsingenjörsprogrammet

Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten, SLU

Alnarp 2013

Underjordisk dagvattenhantering i urban miljö

Urban subterranean stormwater treatment

Markus Nilsson

Handledare: Eva-Lou Gustafsson, institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning, SLU

Examinator: Anders Kristoffersson, institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning, SLU

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Examensarbete för landskapsingenjörer

Kurskod: EX0359

Program/utbildning: Landskapsingenjörsprogrammet

Examen: landskapsingenjör, kandidatexamen i teknologi

Ämne: Teknologi

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsmånad och -år: april 2013

Omslagsbild: Egen bild

Serienamn: Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten, SLU

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: *LOD, perkulationsmagasin, genomsläppliga beläggningar, avläggningsmagasin, reningseffekt, fördröjning, dagvattenhantering*

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för Landskapsplanering, trädgårds- och jordbruksvetenskap

Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Förord

Detta är ett examensarbete på 15 högskolepoäng inom landskapsingenjörsprogrammet vid Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) i Alnarp. Arbetet är skrivet på C-nivå inom området teknologi. Jag har haft Eva-Lou Gustafsson som handledare för arbetet och Anders Kristoffersson som examinator.

Framför allt vill jag tacka min handledare Eva-Lou för allt stöd och bra rådgivning under hela arbetets gång. Det har varit till stor hjälp. Jag vill också rikta ett stort tack till min flickvän Tove som har gett mig stöd och motiverat mig när det har gått tungt. Jag vill även tacka Kent Fridell för bra litteraturtips och Lars-Erik Widarsson för att han tog sig tid att diskutera och svara på en massa frågor. Till sist vill jag tacka min diskussionsgrupp, bestående av Maria, Mathias och Annika, för bra diskussioner och hjälp längs vägen.

Tack så mycket!

Sammanfattning

Dagvatten är ett begrepp som används för regn- och smältvatten. I naturmark kan dagvattnet infiltreras, men när naturmarker bebyggs med hårdgjorda ytor har inte vattnet samma möjlighet till infiltration. Vattenflödena från de hårdgjorda ytorna blir mycket högre än naturmarkens för att ingen infiltration sker.

Förr ansågs dagvatten inte som smutsigt. Då leddes städernas dagvatten och spillvatten i ett kombinerat ledningssystem. Ledningssystemen var ofta inte dimensionerade för höga flöden vilket medförde orenade direktutsläpp i recipienten. På 1950-talet började separerade ledningssystem för dagvatten och spillvatten användas för att minska belastningen på reningsverken. Först på 1970-talet började begreppet lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD) användas. Det handlade om att dagvattnet skulle fördröjas och renas lokalt. När en LOD-lösning ska väljas för en plats är dagvattenproblematiken viktig att ha i åtanke. Föroreningshalter, översvämningsrisker och klimatförändringarnas ökade nederbörds mängder är några av problemen som måste vägas in.

De gemensamma fördelarna med de underjordiska magasinen är att de inte kräver så mycket plats ovan mark. Magasinen passar därför perfekt inne i städerna där all plats är dyrbar. Beroende på hur stora volymer dagvatten som ska hanteras och hur förorenat det är så finns det olika lösningar som passar bäst. I arbetet presenteras tre olika underjordiska magasin i form av perkolationsmagasin, genomsläppliga beläggningar och fördröjnings- och avsättningsmagasin. För varje typ av magasin beskrivs användning, funktion, drift och underhåll, reningseffekt och för/nackdelar.

Arbetet är till för att du som läsare ska få en inblick i hur det går att lösa dagvattenhanteringen genom underjordisk magasinering. Vill du ha ytterligare kunskap i ämnet så är källförteckningen ett alternativ.

Innehållsförteckning

Inledning.....	1
Bakgrund	1
Syfte/Mål.....	1
Frågeställning	1
Avgränsningar.....	1
Metod och material.....	2
Litteraturstudie.....	3
Allmänt om dagvatten.....	3
Dagvattenproblematik i staden.....	4
Föroreningar i dagvattnet	4
Förtätning och nyexploatering av staden.....	5
Översvämningar	6
Klimatförändringar	6
Hållbar dagvattenhantering	6
Dagvattenkedjan	7
Underjordisk magasinering	8
Perkolationsmagasin	8
Genomsläppliga/permeabla beläggningar	12
Fördröjningsmagasin och Avsättningsmagasin	17
Intervju med Lars-Erik Widarsson	21
Användning.....	21
Skötsel och underhåll	21
Livslängd	22
Diskussion.....	23
Källförteckning.....	27
Muntliga källor	29

Inledning

Bakgrund

Jag blev intresserad av dagvattenhantering i staden när jag läste kursen utformning av vattenmiljöer. Jag fick en inblick i problematiken med hur hårdgjorda ytor ökar dagvattenflödet vid nederbörd. De höga flödena kan medföra både översvämningar och att vattnet inte hinner renas innan det rinner ut i våra vattendrag. I framtiden kommer regnen bli mer intensiva på grund av klimatförändringarna och då blir det ännu viktigare med fördröjning för att förhindra översvämningar. Ett annat problem vid nybyggnationer i framför allt södra Sverige är att många av städerna måste förtätas om inte värdefull åkermark ska exploateras. För att kunna få in bra magasinering, rening och fördröjning av drän- och dagvatten i städerna så krävs det en hel del utrymme. Det utrymmet finns inte överallt i staden och därför kan det vara bra att hitta tekniska lösningar som inte tar någon plats ovan jord.

Syfte/Mål

Syftet är att undersöka hur underjordisk magasinering kan minska de höga dagvattenflödena från hårdgjorda ytor. Mitt mål är att få bättre förståelse hur de olika magasineringstyperna fungerar och vilka begränsningar de har. Det ska slutligen ge svar på vilka platser de ska användas på.

Frågeställning

Vad har vi för erfarenheter av underjordisk magasinering i Sverige?

Vilka tekniska lösningar finns det?

Vilka egenskaper och begränsningar har de olika tekniska lösningarna?

Avgränsningar

I denna rapport studeras tre utvalda underjordiska dagvattenmagasinstyper i form av perkolationsmagasin, genomsläppliga beläggningar och fördröjnings- och avsättningsmagasin. Det kommer inte att ingå några instruktioner om hur man anlägger de olika lösningarna utan bara hur de är uppbyggda och vilka egenskaper de har. Jag har begränsat mig till dagvattenlösningar som fungerar under hårdgjorda ytor. Rapporten kommer inte att ta upp växtbäddar i hårdgjord miljö, till exempel skelettjordar och trädplanteringar.

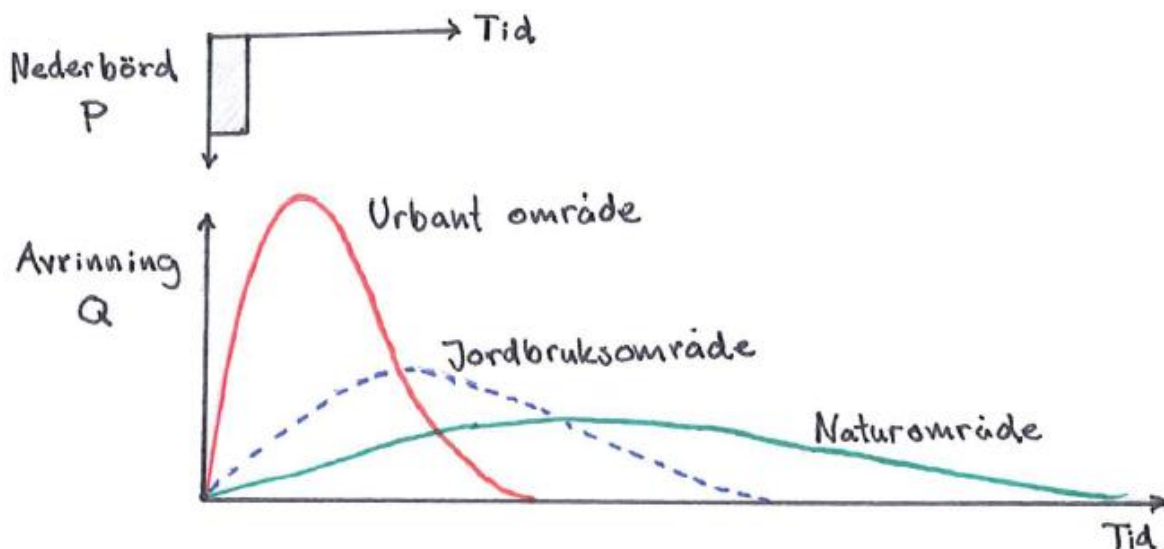
Metod och material

Jag har framför allt valt att göra en litteraturstudie för att samla information. Förutom litteraturstudien har jag valt att intervjua Lars-Erik Widarsson på NSVA. Sökandet av litteratur har skett på biblioteket i Alnarp och på Malmö Stadsbibliotek. Jag har även fått låna en bok från biblioteket i Kristianstad via biblioteket i Alnarp. Jag har även sökt information via SLUs söktjänst Primo, Google scholar och vanliga webbsökningar på Google. Under litteraturstudien har jag haft några grundkällor som jag har kunnat ta lite information från i varje kapitel. Det har underlättat att ha dem som en bas för att sedan gå djupare in i ämnet genom andra källor. Intervjun ville jag ha med för att se om litteraturstudien och intervjun skiljde sig åt. Intervjun var också till för att få en bättre diskussion i slutet av arbetet.

Litteraturstudie

Allmänt om dagvatten

Definitionen av vad dagvatten är uttryckt lite olika av författarna, här följer några exempel. Larm (1994) skriver att dagvatten är en definition av ytligt avrinnande regn- och smältvatten. Ordet "dag" i dagvatten betyder att vattnet ligger öppet i dagen, på markytan (VAV 1996). Dagvatten är ett begrepp som främst används för vatten på ytor i urbana miljöer (NSVA 2012). I naturmark magasineras största delen av vattnet i marken vilket medför naturlig fördröjning och låga flöden till recipienten. När naturmarker bebyggs och hårdgörs ökar ytavrinningen och vattenflödena till recipienten och infiltrationen genom markytan minskar drastiskt, se figur 1 (Holmstrand et al. 1991). Vattnet ges inte tillfälle att infiltreras ner i jorden och tas upp av växterna (Persson et al. 2009). Ett kraftigt regnfall kan öka dagvattenflödet i staden med uppemot hundra gånger det normala flödet (Butler 2004).



Figur 1. Illustration som visar hur avrinningen kan förändras när naturmark blir hårdgjort (Svenskt vatten 2011).

Förr ansågs inte dagvatten som förorenat och då handlade det om att leda bort dagvattnet så snabbt och effektivt som möjligt (Larm 1994). Enligt Boverket (1995) avleddes fram till mitten av 1950-talet dagvattnet i ett kombinerat ledningssystem för både spill- och dagvatten. Kapaciteten på ledningarna och reningsverken var ofta inte anpassade för höga dagvattenflöden. Detta medförde att kraftiga regn inte kunde tas emot av reningsverken på grund av överbelastning. Istället var det överflödiga spill- och dagvattnet tvunget att avledas via ett bräddavlopp som i sin tur leddes direkt ut i våra vattendrag utan någon rening. Utan bräddavloppen är risken för källaröversvämningar mycket större (VAV 1996). Äldre områden som har kombinerat system har anpassats till dagens funktionskrav genom bland annat bräddavlopp som gör att inte avloppsreningsverket överbelastas och att bräddning är anpassad till recipientens krav (Svenskt vatten 2004).

Holmstrand et al. (1991) menar att duplikatsystemet började användas istället för kombinerade systemen. Duplikatsystemet är ett separerat ledningssystem där dagvattnet och spillvattnet skiljs från varandra. Det stora problemet med duplikatsystemet är att dagvattnet ofta avleds direkt till recipienten utan någon rening längs vägen. Under 1960-talet uppkom fördröjningsmagasin för att minska bräddningen och översvämningens riskerna (Larm 1994). På senare tid har fördröjnings- och utjämningsmagasinen utvecklats så att man kan styra flödena och på så sätt kunnat optimera driften hos reningsverken (VAV 1996).

Svenskt vatten (2011) skriver att begreppet LOD uppkom på 1970-talet och betyder lokalt omhändertagande av dagvatten. LOD handlade om att skapa en hållbar dagvattenhantering som mer ska likna naturens avrinning än städernas snabba bortforsling av dagvatten. Tanken var också att motverka grundvattensänkningen som sker vid bebyggelse. Vattnet skulle tas omhand lokalt om det gick, både genom infiltration och fördröjning så att höga dagvattenflöden kunde förhindras och reningen påbörjas direkt på plats. Från början fick tekniken ett dåligt rykte för att lösningarna inte var dimensionerade för kraftiga regn. Det medförde till exempel att perkolationsmagasin som anlades i täta jordar blev överfulla med marköversvämningar till följd. LOD har utvecklats sedan 1970-talet och nya mer effektiva lösningar kommer hela tiden. Mer om LOD kommer under rubriken "Hållbar dagvattenhantering".

Dagvattenproblematik i staden

Persson et al. (2009) menar att när nederbörd faller i staden landar det mest på hårdgjorda ytor som takytor, vägar, industrimarker och andra hårdgjorda ytor. I naturmark infiltreras dagvattnet i marken, där det renas och fördröjs. I staden ger de många hårdgjorda ytorna inte vattnet samma möjlighet till infiltration. Istället samlar de slutna dagvattensystemen upp vattnet och för ut det till reningsverken och recipienterna utan rening och fördröjning.

Föroreningar i dagvattnet

Larm (1994) skriver att de ytor som generellt beaktas som mest förorenade i staden är industriområden, trafikytor och centrumbebyggelse. Man ska dock inte stirra sig blind på de generella antagandena utan titta på lokala förhållanden. Takytor har för det mesta små föroreningshalter men lokalt kan halterna av tungmetaller vara stora om det används koppartak, se tabell 1.

Stockholm Stad (U.Å.) menar att trafiken är den största boven till föroreningar i vårt dagvatten. Intensiteten av trafiken på vägytorna styr till stor del hur mycket dagvattnet förorenas. Föroreningarna uppkommer från avgaser, oljeläckage, halkbekämpning, rost, erosion och korrosion samt slitage av vägar och däck. Från en motorvägssträcka på 10 meter kommer ungefär samma mängd föroreningar som från ett två hektar stort villaområde.

Ett regnfalls första avrinning efter en torrperiod kallas för "first flush". Den första avrinningen för alltid med sig en större andel föroreningar än resten av ett regn (Stockholm Stad U.Å.).

Tabell 1. Urval av föroreningar i dagvattnet (Larm 1994)

Suspenderat material	Tungmetaller	Näringsämnen	Annat
flyktiga susp. ämnen	bly	fosfor	olja
torrsubstans	koppar	kväve	vägsalt
	zink	kol	fekalier
	kadmium		
	krom		
	nickel		
	järn		

På gatu- och fastighetskontoret (U.Å.) i Stockholm menar man att föroreningarna i vårt dagvatten till stor del är knutet till det suspenderade materialet. Suspenderat material är partiklar (större än 1,8 µm) som föroreningarna har bundits till, till exempel slitagerester från vägar och däck. Tungmetaller däremot, förekommer ofta i lös form. Det suspenderade materialet är svårt att rena till 100 %, dels för att delar av det suspenderade materialet förekommer i upplöst form men också för att de minsta partiklarna tar lång tid att sedimentera.

Förtätning och nyexploatering av staden

I rapporten *Så förtätar vi Malmö!* från Malmö stad (2010) skriver de att förtätning av städer är positivt på många sätt med bland annat kortare transporter och att exploateringen av värdefull jordbruksmark begränsas. Men det innebär också ökat tryck på våra grönytor och gator vilket leder till mer föroreningar och att grönområden ibland blir bebyggda.

Vid exploatering av naturmark hårdgörs stora ytor som tidigare hade naturlig avrinning. Det gör att dagvattenflödet ökar och för med sig föroreningar från de bebyggda områdena. De höga flödena leds ner i våra vattendrag vilket kan orsaka översvämningar nedströms med skador på byggnader och annan egendom, se tabell 2 (Svenskt vatten 2011).

Vid bebyggelse kan grundvattennivån på sina ställen sjunka med 4 meter (Uponor 2013a). Genom att bevara den normala grundvattennivån kan sättningar i marken förhindras och växtbetingelserna blir bättre (Köpenhamns kommun 2011a).

Tabell 2. Visar hur stor del av dagvattnet i % som rinner av olika ytor (Svenskt vatten 2004)

Typ av yta	Ytavrinning i %
Tak	90 %
Betong- och asfaltsytor	80 %
Stensatt yta med grusfog	70 %
Grusväg	40 %
Park med rik vegetation	10 %

Översvämningar

Enligt länsstyrelserapporten *Plan PM Dagvatten* av Persson et al. (2009) kan brister i dagvattenhanteringen leda till översvämningar. Blir det översvämningar i staden är det viktigt att höjdsättningen på byggnader och avledningsområden är rätt så att inte byggnader och annan värdefull utrustning kommer till skada. Vid extrema situationer som 100-års regn är det bra om det vanliga dagvattensystemet inte belastas fullt ut. Ett 100-års regn är så kraftigt att det i snitt bara infaller vart hundra år. Då är det bra att planera in tillfälliga översvämningssytor i staden. Det kan vara parker, vägar, torgytor och parkeringsplatser, ytor där ingen värdefull byggnad tar skada. Är områdena tätt bebyggda så behövs ett bräddavlopp som kan leda bort överskottsvattnet från området.

Klimatförändringar

Gudmundsson (2011-08-16) menar att regnen i framtiden kommer bli mer intensiva än vad de är idag, se tabell 3. Det medför högre vattenmängder och högre flöden. När det dimensioneras för dagvattenlösningar idag är det viktigt att ha med klimatförändringarna i beräkningarna, annars kan det bli stora problem med översvämningar. Jonas Olsson (i Gudmundsson 2011-08-16), forskare i hydrologi på SMHI, berättar att kraftiga regnfall kommer ske oftare i framtiden och de allra kraftigaste skyfallen kommer att bli ännu kraftigare.

Tabell 3. Klimatförändringarnas ökade nederbördsintensitet (Svensson 2012)

Geografiskt område	Ökning av maximal nederbördsintensitet	Ökning av årsnederbördsvolym	Ökning av vinternederbördsvolym
Västra Götaland	20% - 30%	20%	50% -60%
Övriga Götaland Svealand Södra Norrland	10% - 20%	10%	50% -60%
Norra Norrland	5% - 10%	10%	50% -60%

Hållbar dagvattenhantering

I Svenskt vattens publikation P105 (2011) beskrivs hur synen på dagvattenhanteringen har förändrats. På 1970-talet började utvecklandet av hållbar dagvattenhantering och då handlade det om att avleda dagvattnet så snabbt som möjligt. Nu planeras istället dagvattnet så att hanteringen blir långsiktigt hållbar. Det bästa resultatet får man om avrinningen och reningen kan liknas vid naturmarkernas, med infiltration och fördröjning. Svensson (2012) menar att de viktigaste punkterna med hållbar dagvattenhantering är att vattnet succesivt ska renas och fördröjas innan det når recipienten och att översvämningar ska motverkas innan de drabbar bebyggelse och andra viktiga samhällsfunktioner. Långsiktig planering och dimensionering för klimatförändringarna, med långsiktigt hållbara lösningar, måste också vara med i beräkningarna. Larm (1994) skriver att utan rening innan dagvattnet släpps ut i recipienten skadas växt- och djurliv. Känsliga växt- och djurarter

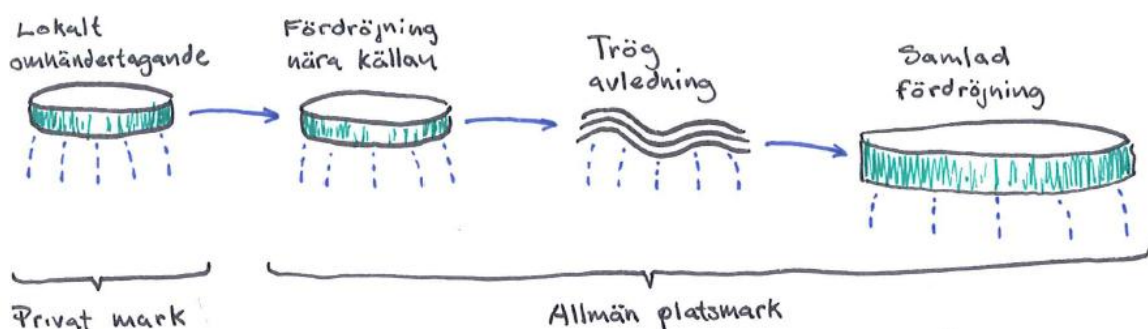
klarar inte av stora föroreningsutsläpp och riskerar att dö ut. Därför är vattenreningen extra viktig för att bevara den biologiska mångfalden, fiskenäringen och rekreativiteterna.

I Svenskt vatten (2011) beskrivs hur byggnader och andra viktiga samhällsfunktioner ska säkerställas genom noggrann höjdsättning. Vid kraftiga regn ska istället översvämningssvåra ytor ta emot dagvattnet. För att invånarna ska acceptera dagvattenhanteringen är det viktigt att göra dagvattnet till en resurs genom vackra grönområden, kanaler och dammar. Vid nyanläggning av dagvattenlösningar är dimensionering av klimatförändringarnas ökade nederbörd viktig att ha med i beräkningarna. Lösningarna ska fungera bra både vid normala regn och extrema regnförhållanden. Befintliga mark- och vegetationsförhållanden på platsen kan till viss del styra vilken typ av dagvattenlösning som väljs. Till exempel kan infiltrationsytor passa bra på genomsläppliga jordar. Genom att integrera dagvattenlösningarna på ett fint sätt i bebyggelsen får de boende högre acceptans för lösningarna. Det kan göras genom att synliggöra dagvattenhanteringen med kanaler och dammar.

Enligt Svenskt vatten (2011) kan det i kommunernas detaljplaner ställas olika krav på hur dagvattenhanteringen ska ske vid bebyggelse. Kraven kan bland annat vara att det bara får släppas ut ett visst flöde per sekund från tomten, att en viss procent av fastighetsytan måste vara infiltrationsvänlig eller maximal hårdgjord yta och att takvatten måste avledas ovan mark. Genom kraven kan kommunerna säkerställa en bra dagvattenhantering.

Dagvattenkedjan

Dagvattenkedjan beskrivs i Svenskt vatten (2011) som en del av den hållbara dagvattenhanteringen och handlar om hur vattnet kan behandlas från privat mark fram till recipienten. I dagvattenkedjan ingår lokalt omhändertagande- LOD, fördröjning nära källan, trög avledning och samlad fördröjning. Larm (1994) menar att de naturliga processerna som utnyttjas under dagvattnets väg till recipienten är infiltration och perkolation i marken, evapotranspiration, sedimentering, vatten- och föroreningsupptag hos växter, fastläggning och nedbrytning av föroreningar i markens övre del och flödesutjämning.



Figur 2. Illustration av dagvattenkedjans behandlingsled (Svenskt vatten 2011).

I Svenskt vattens publikation P105 (2011) beskrivs dagvattenkedjans olika steg, se figur 2. Det första steget i dagvattenkedjan är LOD, lokalt omhändertagande av dagvatten. Det handlar om att på privat mark ta hand om sitt dagvatten genom rening och fördröjning. Många gånger används LOD-metoder för att fastighetsägaren ska slippa fuktskador och översvämningar. Det kan också i kommunens

detaljplaner ställas krav på hur dagvattnet ska behandlas och vilka flöden som får släppas vidare till den allmänna platsmarken. Finns det möjlighet att använda dagvattnet som en resurs så ska man göra det. Det kan göras genom att synliggöra dagvattnet genom dammar, kanaler och vegetation. Vilken LOD-metod man använder sig av beror på vilket huvudsyfte lösningen ska ha. Om huvudsyftet är att fördröja dagvattenflödet så kan gröna tak och perkolationsmagasin vara två alternativ.

Den hållbara dagvattenhanteringen handlar inte bara om att dagvattnet ska behandlas lokalt. Är dagvattnet förorenat kan det krävas många behandlingssled genom dagvattenkedjan och det kan ske i flera steg från privat mark via allmän platsmark till recipienten, se figur 2 (Svenskt vatten 2011).

Fördröjning nära källan är första dagvattenbehandlingen på allmän platsmark. Exempel på lösningar här kan vara genomsläppliga asfaltsytor, infiltration i grönytor och diken. Behövs ytterligare fördröjning och rening så kan trög avledning tillämpas. Det kan ske genom till exempel svackdiken, kanaler och bäckar. Det sista steget i dagvattenkedjan är samlad fördröjning. Dessa lösningarna kan ta hand om och fördröja stora mängder dagvatten. Exempel på lösningar är våtmarker och dammar (Svenskt vatten 2011).

Underjordisk magasinering

Nedan beskrivs tre olika typer av underjordisk magasinering i form av perkolationsmagasin, genomsläppliga beläggningar och fördröjnings- och avsättningsmagasin.

Perkolationsmagasin

Perkolationsmagasin är magasin som är anlagda en bit under markytan enligt Larm (1994). Köpenhamns kommun (2011a) menar att magasinet samlar upp vatten från omgivande mark via ledningar och låter det perkolera vidare ner mot grundvattnet. Fyllnadsmaterialet i magasinet består ofta av sten som inte är så hårt packad, så att hålrum kan skapas. Numera byggs många perkolationsmagasin av plastkassetter på grund av att hålumsprocenten är högre. Andra fyllnadsmaterial kan vara grus och lättviktsaggregat. Det är stor skillnad på hur stor hålumsprocenten i de olika materialen är, se tabell 4. Med en högre hålumsprocent behöver magasinet inte vara lika stort.

Tabell 4. De olika fyllnadsmaterialens hålumsprocent, enligt Köpenhamns kommun (2011a).

Fyllnadsmaterial	Hålumsprocent
Grus	10-20 %
Sten	20-30 %
Lättviktsaggregat	50 %
Plastkassetter	75-95 %

Användning

I Thomas Larms rapport från 1994 beskrivs perkolationsmagasin som LOD-lösning till främst svagt förorenade ytor som villa- och bostadsområden, takytor och grönområden. Det går att anlägga dem vid vägar och andra mer förorenade ytor också, bara de inte är för hårt belastade. Köpenhamns

kommun (2011a) menar att det går att anlägga perkolationsmagasin vid mer förorenade platser som parkeringsplatser och vägar, men att det då behövs någon form av förbehandling.

Funktion och utformning

Perkolationsmagasin byggs framför allt för att reducera toppflöden och ta emot stora volymer vatten (Köpenhamns kommun 2011a). En annan funktion är att den naturliga vattenbalansen bevaras vilket leder till högre grundvattennivå och färre sättningar. Det för i sin tur med sig att vegetationen får bättre förutsättningar (Larm 1994). Köpenhamn kommun (2011a) menar däremot att det blir torrare över perkolationsmagasinet vilket kan leda till barmark och torka ovanför magasinet. Därför kan det vara bra att plantera torktåliga växter över magasinet. För att full funktion ska uppnås i magasinet så krävs det att botten av magasinet är minst en meter över högsta grundvattennivå. Annars blir perkolationen lidande. I områden med lera ska perkolationsmagasinen läggas nära ytan för att motverka att ytan ovanför torkar ut (Larm 1994). Enligt Köpenhamns kommun (2011a) ska perkolationsmagasinen ligga minst 0,4 meter under markytan där marken inte är hårdgjord och mellan 0,8 - 4 meter under markytan vid hårdgjorda ytor. Dessutom måste perkolationsmagasinet ligga minst fem meter från hus med källare, två meter från hus utan källare och minst två meter från fastighetsgränsen.

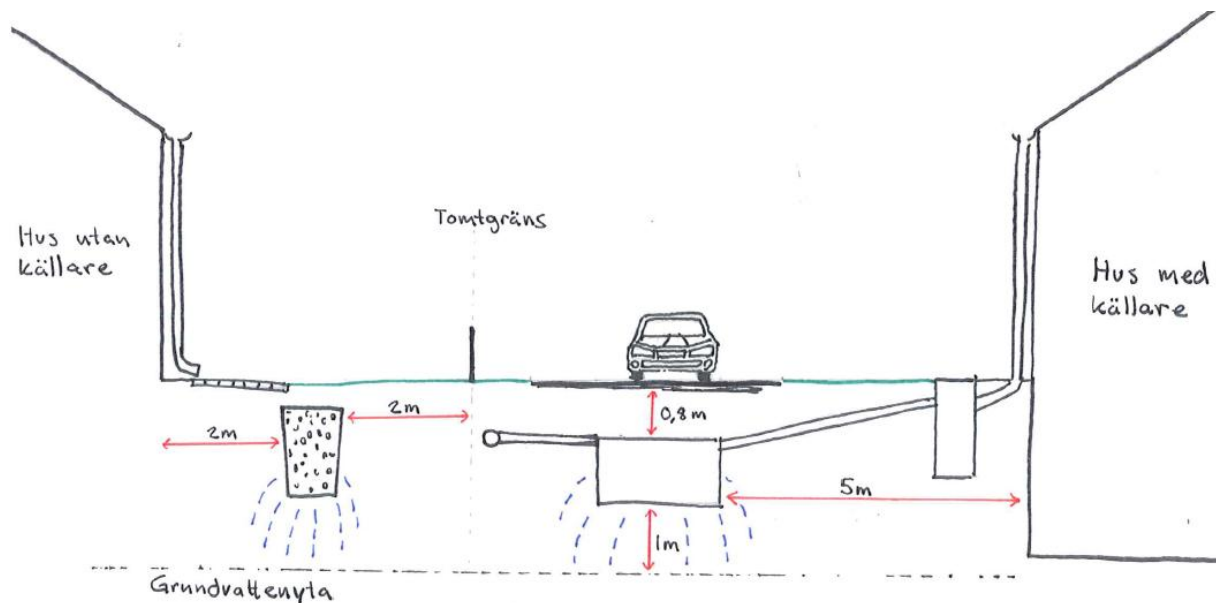
Dagvatten från avvattnade ytor leds via ledningar till perkolationsmagasinet. Innan dagvattnet kommer in i perkolationsmagasinet går det genom ett sandfång, se figur 3. Uponor (2013a) menar att sandfångets funktion är att samla upp löv, sand och annat grövre suspenderat material. Innehåller dagvattnet mycket suspenderat material så krävs en slamavskiljare innan vattnet når perkolationsmagasinet. Runtom hela magasinet läggs en fiberduk som hindrar större partiklar att komma in, maskvidden på fiberduken ska vara stor nog så att vatten kan rinna genom men fina partiklar ska stanna utanför. Enligt Larm (1994) kan ett ytterligare skyddslager av grus och sand läggas på ovensidan av magasinet. Det lagret hindrar finmaterial att komma in i magasinet. Vid kallare klimat kan det vara bra att lägga en isolering över magasinet som hindrar tjälen att tränga in i magasinet. Magasinsfyllnaden kan vara av olika material menar Köpenhamns kommun (2011a), vanligast förr var stenkistan som bestod av tvättad makadam. Numera är plastkassetterna vanligare på grund av att de inte kräver lika stor plats och är lätta att anlägga. Larm (1994) menar att botten på ett perkolationsmagasin slammar igen först av suspenderat material. Det kan medföra att vatten står länge i magasinets nedre del och på så vis fungerar magasinet bra som slamavskiljare genom sedimentering. För att motverka snabb igensättning genom sedimentation kan man anlägga inloppsfilter på insidan av magasinet eller ha en sedimentationsdel. För bästa perkolerande funktion är det viktigt att magasinet är långsmalt med stora väggytor i förhållande till bottenytan, där vattnet kan perkolera. Vid anläggning av långsmala stenfyllda magasin kan ett fördelarrör ha en viktig funktion genom att vattnet sprids ut jämnt i magasinet. Plastkassetterna har däremot så pass stor hålrumsporcet att fördelarrör inte är nödvändigt där, menar Köpenhamns kommun (2011a).

Andra viktiga funktioner som underlättar skötseln är inspektions- och spolningsbrunnar (Larm 1994). För att perkolationsmagasinet inte ska bli översvämmat bör enligt Uponor (2013a) ett bräddavlopp installeras. Bräddavloppet kan konstrueras så att det fungerar för luftning också. Bräddavloppet kan kopplas till dagvattenledningar eller så att bräddningsvattnet kan svämma över en översvämningsvänlig markyta (Larm 1994). På Köpenhamns kommun (2011a) menar de däremot att koppla vidare perkolationssystemet till det vanliga ledningssystemet kan vara förrädisk. Vid

översvämning av ledningssystemet kan orenat vatten komma in i perkolationsmagasinet och förstöra funktionen.

Man kan koppla perkolationsmagasinet till andra LOD-lösningar om ytan som avvattnas är mycket förorenad. På parkeringsytor kan en oljeavskiljare installeras innan dagvattnet når perkolationsmagasinet. På parkeringsytor kan även permeabla ytor kombineras med perkolationsmagasin (Köpenhamns kommun 2011a).

Andra former av perkolationsmagasin är ledningsgravar, parkeringsmagasin och perkolationsbrunnar (Larm 1994).



Figur 3. Egen illustration av två typer av perkolationsmagasin. I magasinet till vänster leds vatten via en dagvattenränna till ett kombinerat infiltrationsyta/perkolationsmagasin. Magasinet till höger består av ett sandfång och en plastkassett med bräddningsfunktion (Köpenhamns kommun 2011a).

Drift och underhåll

Perkolationsmagasin är normalt sett inte så skötselkrävande men för full funktion krävs enligt Köpenhamns kommun (2011a) kontinuerlig renhållning av ytor som leder till perkolationsmagasinet, såsom takrännor, galler till stuprör mm. Tömning av sandfången ska ske minst en gång per år. Bästa tömningstid är efter lövfallet. Tillsyn av sandfången ska ske minst två gånger per år. Då bör också tillsyn av spolningsbrunnar och bräddavlopp ske. Ledningen till perkolationsmagasinet kan högtrycksspolas vid behov. Även perkolationsmagasinet och brunnar av olika slag kan behöva spolas. Filter och intagsanordningar byts ut vid dålig funktion.

Reiningseffekt

Enligt Larm (1994) sker reningen i perkolationsmagasinen framför allt genom sedimentation när botten på magasinet har blivit igenslammat. Då fungerar botten som en effektiv slamavskiljare. En viss rening sker via fysikalisk fastsättning och mikrobiell nedbrytning också. Genom att placera magasinet så högt som möjligt så kan den biologiska nedbrytningen i marken hjälpa till att rena dagvattnet, se reningseffekt i figur 5 (Boligministeriet 1994). Men man ska tänka på att perkolationsmagasinen främst är lämpade för svagt förorenat dagvatten och den främsta anledningen till användning är för utjämning av dagvattenflöden (Larm 1994). Sandfången som installeras före perkolationsmagasinet har en viss rening, främst på grövre partiklar (Köpenhamns kommun 2011a).

Tabell 5. Reningseffekt hos dagvattenkassetter enligt Köpenhamns kommun (2011a)

Ämnen	Reiningseffekt
Suspenderat material	låg - medel
Tungmetaller	låg - medel
Näringsämnen	låg
Olja	låg - medel

Fördelar/nackdelar

Enligt Köpenhamns kommun (2011a) kräver inte perkolationsmagasin mycket underhåll och de är lätta att anlägga. Men sköts de inte på rätt sätt så riskerar de att sättas igen snabbt, vilket kan medföra kort livslängd. En positiv egenskap är att de inte tar någon betydande plats ovan jord. Däremot kräver de större plats under jord och det får inte vara byggnader i närheten, se figur 3. Perkolationsmagasin är bra på att reducera toppflöden och kan ta emot stora mängder vatten, däremot är reningseffekten dålig. Enligt Uponor (2013a) medför perkolationsmagasinen att översvämningsrisken minskar. Larm (1994) skriver att perkolationsmagasinen bidrar till att den naturliga vattenbalansen bevaras vilket motverkar sättningar och ger bättre växtförhållanden. Men enligt Köpenhamns kommun (2011a) kan växterna över magasinet inte ta del av vattnet och riskerar därför att torka ut. Rötter från träd och buskar kan däremot ta del av vattnet men riskerar att skada geotextilen. Larm (1994) menar att perkolationsmagasin ska undvikas i utströmningsområden, då grundvattenytan ofta ligger nära markytan. Från magasinets botten måste det vara minst en meter ner till grundvattnet, annars blir perkolationen lidande. Magasinen ska inte anläggas där dagvattnet kan innehålla höga föroreningshalter eller nära grundvattentäkter, på grund av stor risk att grundvattnet blir förorenat.

Genomsläppliga/permeabla beläggningar

Genomsläppliga beläggningar är en typ av infiltrationsanläggning där slitlagret utgörs av hårdgjort material som har en vattengenomsläpplig yta eller har genomsläppliga fogar (Svenskt vatten 2011). Beläggningarnas överbyggnad är konstruerad att klara av magasinering och infiltrering av dagvatten utan att livslängden förkortas (Köpenhamns kommun 2011b). De genomsläppliga asfaltsbeläggningarna började användas till dagvattenhantering under början av 1970-talet. Sedan dess har tekniken utvecklats och konstruktionen har blivit mer hydrauliskt pålitlig (Ferguson 2005).

Det finns två typer av permeabla beläggningar, lågpermeabla och högpermeabla. De lågpermeabla beläggningarna läggs utan någon större överbyggnad. Exempel på lågpermeabla beläggningar kan vara gräsarmeringsnät, gräsarmeringssten och grusbeläggningar (Köpenhamns kommun 2011b).

De högpermeabla beläggningarna är bland annat genomsläpplig asfalt, genomsläpplig betong, gräsarmeringar och plattbeläggningar med genomsläppliga fogar. De högpermeabla beläggningarna har en överbyggnad av makadam där vattnet infiltreras och fördröjas (Köpenhamns kommun 2011b).

I litteraturen kan genomsläpplig asfalt även benämnas som permeabel asfalt eller porös asfalt och en synonym till gräsarmeringar är rasterytor.

Användning

Användningsmöjligheterna för de flesta typerna av genomsläppliga beläggningar är ungefär detsamma, enligt Köpenhamns kommun (2011b). De flesta går att använda vid vägar med låg hastighet, gång- och cykelbanor, parkeringar, uppfarter, innergårdar och trädgårdar. De genomsläppliga beläggningarna fungerar bra att anlägga på trånga ytor där andra LOD-metoder inte får plats.

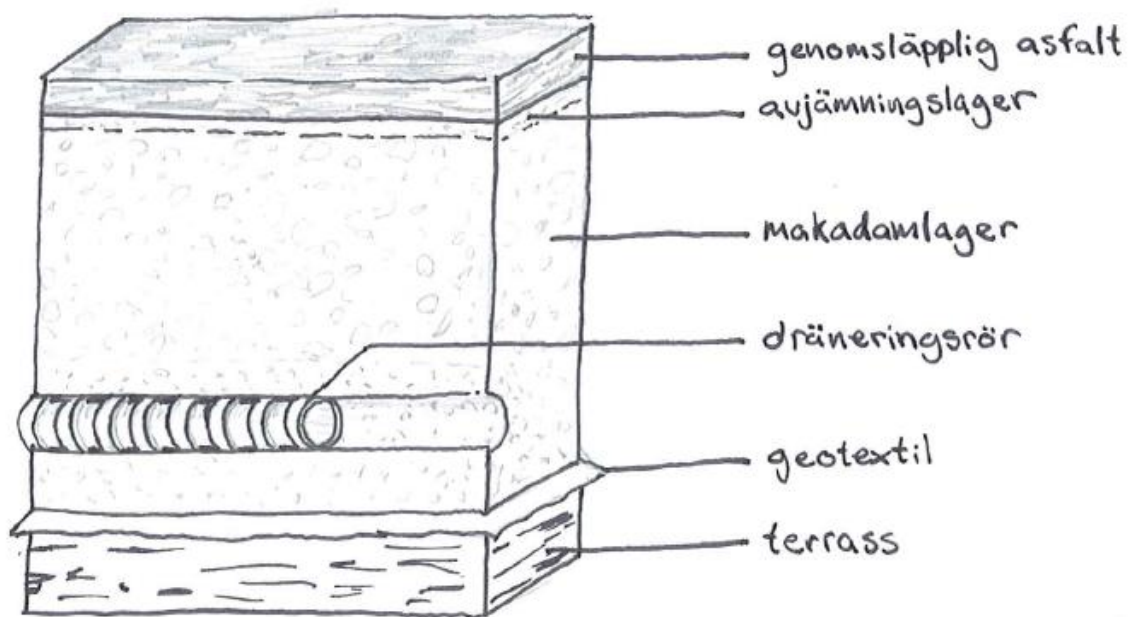
Genomsläpplig asfalt används framför allt på parkeringsplatser, men fungerar också bra vid lågt trafikerade vägar med en marklutning på maximalt 5 % (Larm 1994). Genomsläpplig asfalt kan användas för att förebygga tjälskador (Bäckström & Forsberg 1998), och även ur ett bullerdämpande perspektiv (Kropp 2011-06-05). Ett ytterligare användningsområde är på flygplatsernas landningsbanor (Köpenhamns kommun 2011b).

Gräsarmeringar används också på parkeringar, men även på brandgator, garageuppfarter och som gallerplatta runt träd. De används både för sin dränerande förmåga och för att de bidrar med ett grönt inslag (S:t Eriks 2012). På Malmö Stads ytor används gräsarmeringar främst på parkeringar och brandgator. De är inte anlagda ur infiltrationssynpunkt utan bara för att få fler gröna inslag i miljön. Ytorna körs i och för sig inte så mycket på och därför minskar inte infiltrationen så snabbt (Löfving, Muntlig 2013-03-04).

Funktion och utformning

De genomsläppliga beläggningarna består av en enhetlig överbyggnad av ett genomsläppligt slitlager, med en dränerande makadamfyllnad under (Bäckström & Forsberg 1998). Slitlagret kan fungera på två olika sätt, antingen att slitmaterialet är vattengenomsläppligt eller att fogarna släpper genom

vatten. Ett exempel på slitlager med öppna porer där vattnet kan infiltrera är genomsläpplig asfalt, se figur 4 (Köpenhamns kommun 2011b). Porositeten och genomsläppligheten skapas genom att de fina fraktionerna tas bort från asfaltblandningen (Kropp 2011-06-05). Vid full funktion är genomsläpplig asfalt bra på att reducera toppflöden och vattenvolym (Köpenhamns kommun 2011b). Enligt Bäckström och Forsberg (1998) har genomsläpplig asfalt en hålrumsprocent på 15-25% och en infiltrationsförmåga på mellan 500-700 mm/min när den är nylagd. För att ytan ska fungera säkert krävs en infiltrationsförmåga på minst 50 mm/min. Under asfaltslagret läggs ett tunt avjämningslager av makadam som jämnar ut ojämnheter mellan asfalten och bärlagret. Avjämningslagret ska vara ett mindre än 30 mm tjockt makadamlager med fraktion 8-20 mm. Bärlagret består av en makadamfyllnad med stor fraktionsskillnad, till exempel 8-80 mm. Tjockleken varierar mellan 500-1000 mm beroende på trafikbelastning, klimat och jordförhållanden. Under bärlagret läggs en geotextil som hindrar terrassmaterial att komma in i överbyggnaden. Med åren blir genomsläppligheten sämre i geotextilen. I botten läggs ett dräneringsrör som tillsammans med infiltrationsbrunnar dränerar bort dagvattnet. I områden med dränerande jordlager i terrassen krävs inget dräneringssystem. Från överbyggnadens botten ska det vara minst en meter ner till grundvattenytan för att minska risken att förorenat vatten når ner till grundvattnet (Köpenhamns kommun 2013b).

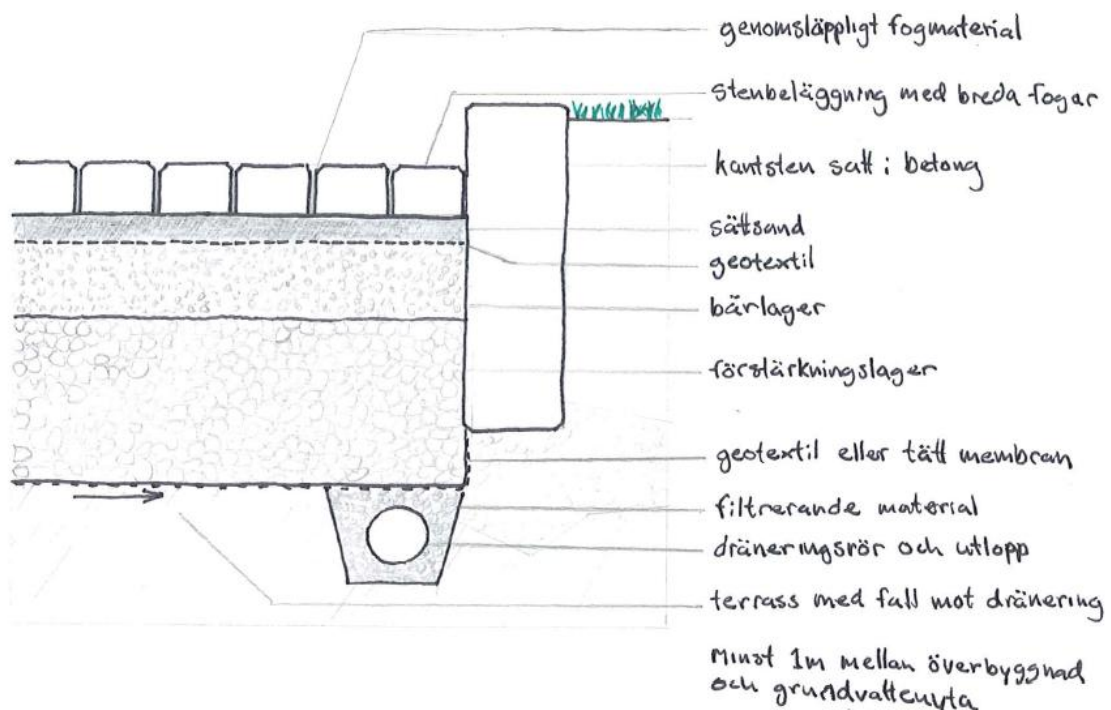


Figur 4. Illustration av hur en överbyggnad till genomsläpplig asfalt kan byggas upp (Bäckström 1998).

Enligt Köpenhamns kommun (2011b) består den moderna typen av genomsläpplig asfalt av två asfaltslager med en porvolym på ca 25 %. Det översta asfaltslagret på 20-25 mm har lite mindre stenfraktioner, 5-8 mm och det undre lagret med en tjocklek på 35-65 mm har stenfraktionen 11-22 mm. Direkt under asfalten läggs en geotextilmatta som hindrar större partiklar att komma in i överbyggnaden. Resterande överbyggnad kan ses i överbyggnadsalternativet med stenplattor med genomsläppliga fogar på sidan 14 och i figur 5.

Enligt Kropp (2011-06-05) sker en bullerdämpande effekt när fordon kör över en porös asfaltsbeläggning, jämfört med vanliga asfaltsbeläggningar. Luftpumpningen mellan däck och vägytan blir inte lika kraftig och den genomsläppliga asfalten samlar även upp en del av ljudet. Ur bullerdämpningssynpunkt ska asfalten ha hög porositet, men nackdelen är att högre porositet gör ytan mindre hållbar. Köpenhamns kommun (2011b) skriver att porös asfalt som har huvudsyftet att dämpa buller är mer utbredd i England, Frankrike och Holland.

Köpenhamns kommun (2011b) beskriver ett annat överbyggnadsalternativ där slitlagret utgörs av stenplattor med genomsläppliga fogar, se figur 5. Beskrivningen börjar underifrån. Terrassen ska ha en lutning med minst 2,5 % mot dräneringsröret och vassa stenar tas bort så att geotextilen eller den täta duken inte skadas. Dräneringsrör läggs i rännor med 10 meters mellanrum och runt rören läggs filtrerande grus med fraktionen 0-4 mm. Förstärkningslagret av tvättad makadam med fraktionen 10-63 mm och tjockleken 150-400 mm, måste komprimeras. Över förstärkningslagret läggs bärlager av tvättad makadam ut och komprimeras. Fraktionen ska vara 5-20 mm och tjockleken 150-200 mm. Tjockleken på förstärkningslagret och bärlager varierar beroende på trafikbelastning och terrassmaterial. Över bärlaget läggs en geotextilmatta ut för att hindra fogmaterialet och andra partiklar att blandas med det tvättade bärlaget. Sättsanden av krossat material läggs i ett 2-6 mm tjockt lager. Beläggningen av stenplattor eller betongplattor har porösa fogar som låter vattnet infiltrera. Höjden på plattorna kan variera mellan 80-100 mm beroende på trafikklass.



Figur 5. Illustration av genomsläpplig stenbeläggning med överbyggnad från Köpenhamns kommun (2011b).

Gräsarmeringar har hålrum som fylls med dränerande grus och jord. För att hindra igensättning genom packning är det viktigt att jorden inte når ända upp till armeringens överkant. Gräsarmeringen läggs på ett lager av makadam med fraktion 2-4 mm och under det läggs ett lager makadam med fraktion 4-16 mm (Svenskt vatten 2011).

Ska stora vattenmängder samlas upp av de genomsläppliga beläggningarna är ett alternativ att ha plastkassetter under den vanliga överbyggnaden. De måste ligga minst 0,8 meter under markytan. Vid plantering av träd i beläggningen kan makadamöverbyggnaden bytas ut mot rottillgängliga överbyggnader. Trädgropens jord måste skiljas från resten av överbyggnaden. Det kan göras med till exempel geotextil. För att säkra upp att ytorna inte översvämmas går det att koppla ett bräddavlopp som kan leda vidare till andra LOD-lösningar eller till ledningsnätet (Köpenhamns kommun 2011b).

Drift och underhåll

Generellt kräver de genomsläppliga beläggningarna regelbunden renhållning genom sopning och vakuumsugning. Ytor med fogar måste fogas om med jämna mellanrum. Ogräsbekämpning krävs också på många av ytorna (Köpenhamns kommun 2011b).

För att genomsläpplig asfalt ska bibehålla en bra genomsläpplighet så är det viktigt med kontinuerlig skötsel. Detta kan ske genom högtrycksspolning (Larm 1994). Enligt (Ferguson 2005) kan nykonstruerade asfaltsytor som satts igen städas med vakuumsug, högtrycksspolning och städning och då få full infiltrationskapacitet igen. Hur ofta ytorna behöver städas beror mycket på hur snabbt ytan satts igen och varför den satts igen. Beroende på om det är luftburna partiklar, nertvättade sediment eller trafikdamm kan den effektivaste reningsmetoden variera. Där stora däckrester är största boven är vakuumsugning det bästa alternativet. För bästa infiltrationsförmåga är högtrycksspolningen tillsammans med vakuumsugning den mest effektiva rengöringsmetoden. Enligt Köpenhamns kommun (2011b) bör vakuumsugning på asfalten ske fyra gånger årligen och högtrycksspolningen bör ske minst en gång per år.

På vintern ska man vara noggrann med att inte använda finkorniga material och salt vid halkbekämpningen på grund av risk för igensättning. Man kan använda sig av krossad makadam, 4-8 mm istället (Svenskt vatten 2011). Snö och is kan packa till fogar så de satts igen snabbare (Köpenhamns kommun 2011b).

Gräsarmeringsytorna i Malmö stad klipps med gräsklippare som vanliga gräsytor. Skräp samlas upp vid behov. Eftersom de inte används för att rena och fördröja dagvatten så byts aldrig hålrumsfyllnaden ut. Det kostar för mycket pengar enligt dem (Löfving, Muntlig 2013-03-04). I Svenskt vatten (2011) skriver de däremot att materialet i hålrummen behöver bytas ut vid dålig infiltration. Ogräsbekämpning ska också ske med jämna mellanrum (Köpenhamns kommun 2011b).

Reiningseffekt

De genomsläppliga beläggningarna klarar vid normala föroreningsmängder av att rena dagvattnet till så gott som dricksvattenkvalité enligt Bäckström och Forsberg (1998). Enligt Köpenhamns kommun (2011b) sker reningen av vattnet genom adsorption och infiltration i överbyggnaden. Gräsarmeringar bryter även ner föroreningar när dagvattnet infiltreras genom växtzonen. Genomsläpplig asfalt fångar upp stora delar av det suspenderade materialet i det översta asfaltslagret. Reiningseffekt kan ses i tabell 6.

Tabell 6. Permeabla ytors reiningseffekt (Köpenhamns kommun 2011b)

Ämnen	Reiningseffekt
Suspenderat material	medel
Tungmetaller	medel
Näringsämnen	måg
Olja	medel

Fördelar/nackdelar

Enligt Köpenhamns kommun (2011b) går genomsläppliga beläggningar att använda på de flesta typer av ytor. De tar ingen plats ovan jord och kan därför användas i trånga situationer där andra LOD-lösningar inte fungerar. De ska dock undvikas om där ligger fullt med rör och ledningar i marken. De kostar mer än beläggningar som inte är genomsläppliga men en viss del av kostnaden tjänas in genom att det inte behövs dyra dagvattenbrunnar och ledningar i samma utsträckning. Bäckström och Forsberg (1998) menar att den genomsläppliga asfalten minskar risken för tjälskott på grund av färre ojämnheter i vägbanan i form av brunnar och att överbyggnaden klarar tjällyft bättre. Larm (1994) menar att genomsläppliga beläggningar hjälper till att hålla grundvattennivån uppe, vilket bidrar till att den naturliga vattenbalansen i jorden bibehålls. Dessutom är genomsläppliga beläggningar bra på att reducera toppflöden och har god infiltrationsförmåga. Men infiltrationsförmågan blir sämre ganska snabbt, speciellt vid felaktig skötsel. Dessutom är skötselkostnaderna höga i jämförelse med andra lösningar, vilket det kan medföra att delar av skötseln dras in. Det kan i sin tur leda till att livslängden på ytorna blir kort. Köpenhamns kommun (2011b) tycker att reiningseffekten i de genomsläppliga beläggningarna är medelbra. Det finns risk att föroreningar rinner ut i grundvattnet. Reiningseffekten försämras snabbt vid dålig skötsel. En positiv egenskap med genomsläpplig asfalt är enligt Kropp (2011-06-05) att den är bullerdämpande, men att porositeten som tar upp ljudet i asfalten gör hållbarheten sämre. Den sämre hållbarheten gör att det inte går att anlägga genomsläpplig asfalt i rondeller på grund av för hög friktion. Svenskt vatten (2011) skriver att permeabla beläggningar riskerar igensättning vid halkbekämpning med finkorniga material och salt.

Fördröjningsmagasin och Avsättningsmagasin

Under 1960-talet utvecklades fördröjningsmagasin för att minska bräddningen och översvämningsriskerna i avloppssystemen (Larm 1994). På senare tid har fördröjningsmagasinen utvecklats så att man kan styra flödena och på så sätt kunnat optimera driften hos reningsverken (VAV 1996). I de flesta fallen är magasinen helt täta och ingen infiltration eller perkolation sker (Larm 1994). I litteraturen kan fördröjningsmagasin även benämnas som utjämningsmagasin.

Användning

Larm (1994) menar att fördröjningsmagasinen har som främsta ändamål att utjämna höga dagvattenflöden. De stora magasinen förhindrar översvämningar och bidrar till att ledningsnätet inte behöver dimensioneras för lika höga flöden. Aldheimer (2004) skriver att avsättningsmagasinet Ryska smällen i Stockholm har som främsta syfte att rena förorenat dagvatten innan utsläppning i recipient. Vidare menar Larm (1994) att de fungerar bra där inte perkolations- och infiltrationsanläggningar fungerar, på grund av förorenad mark eller att grundvattenytan ligger högt. Det går att komplettera magasinet med oljeavskiljare vid behov. Uponor (2013b) menar att bra platser att använda avsättningsmagasinen är bland annat på stora parkeringar, shoppingcenter, flygplatser, viadukter och stora vägar där översvämningar kan ge stora skador. De flesta rörmagasinen som Uponor säljer anläggs vid stora parkeringsplatser. De anläggs både för att jämna ut de höga dagvattenflöden och för att rena dagvattnet innan utsläpp i recipienten.

Exempel i Stockholm

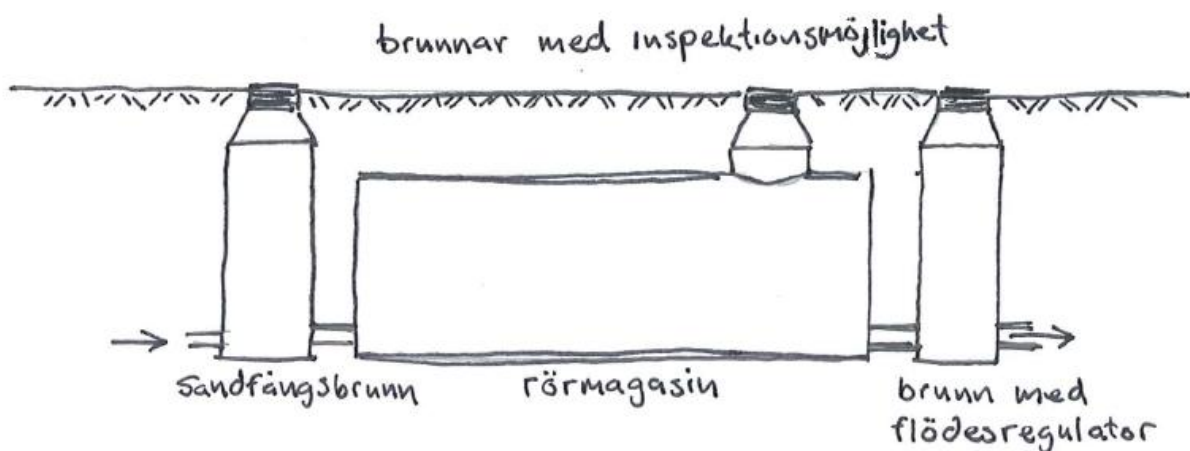
Trafikverket har monterat hängrännor vid många av Stockholms broar för att förhindra det smutsiga dagvattnet att läcka direkt ut i Mälaren. Dagvattnet leds istället till bland annat avsättningsmagasin där föroreningarna får sedimentera och olja och andra flytande ämnen samlas vid ytan. När vattnet är tillräckligt rent släpps det ut i Mälaren eller andra vattendrag (Trafikverket 2013-02-26).

Funktion och utformning

Svenskt vatten (2004) skriver att magasinen kan vara platsgjutna betongmagasin, rörmagasin eller bergrumsmagasin. Dagvatten från ledningssystemet kan kopplas till magasinen. Antingen kan hela flödet gå genom magasinet eller så leds det normala flödet förbi i en ledning med begränsad flödeskapacitet. Då kommer bara den delen av flödet som är högre än det normala in i magasinet. Enligt Aldheimer (2004) får dagvattnet i avsättningsmagasinet sedimentera. Uppehållstiden styr till stor del hur bra reningen blir. Enligt Svenskt vatten (2004) kan flödet ut från magasinet ske genom pumpning eller genom tömning med självfall. Utloppets flöde kan begränsas med en begränsad ledning eller med en flödesregulator, se figur 7. Gat- och fastighetskontoret (U.Å.) skriver att fördröjningsmagasin har utloppet i botten och avsättningsmagasin har utloppet en bit upp för att sedimentation ska ske. Det går att göra om ett fördröjningsmagasin till ett avsättningsmagasin genom att flytta upp utloppet en bit. Blir magasinet överbelastat menar Svenskt vatten (2004) att en bräddningsanordning ska ta hand om det vatten som inte det vanliga utloppet kan hantera. Konsekvenserna av bräddningen styr hur anordningen utformas och dimensioneras.

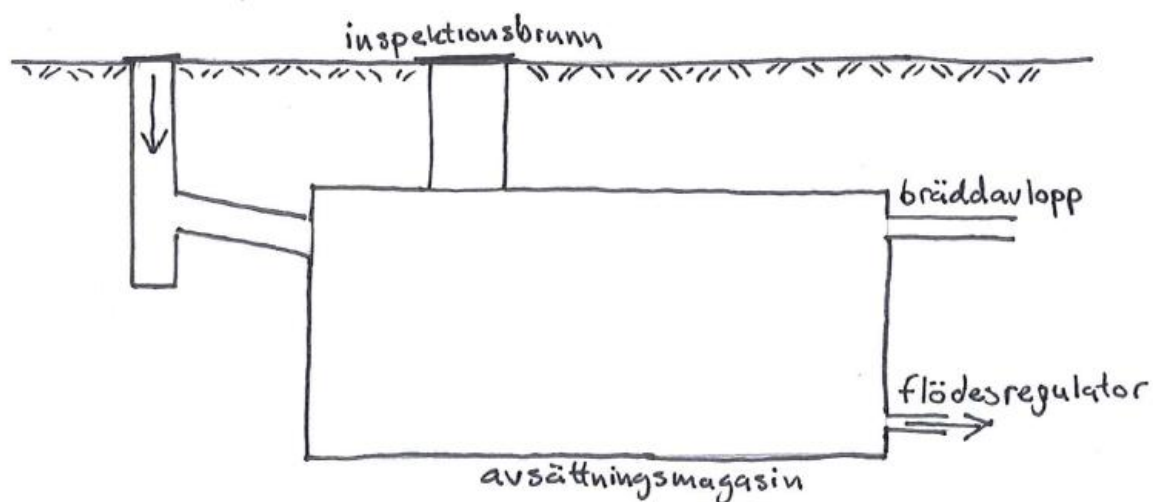
Tillverkaren Uponor (2013b) bygger sina magasin av plast i både kassett- och rörform.

Plastkassetterna fungerar både som perkolationsmagasin och som fördröjningsmagasin beroende på om det används en genomsläpplig geotextilduk eller en tät duk runt magasinet. De tillverkar även utjämningsmagasin i form av stora miljövänliga plaströr av polypropylen och polyeten som läggs i marken, se figur 6. Standarddimensionerna på rören är mellan 200 mm – 1200 mm men det går att specialbeställa rör upp till 2500 mm. Plaströren anses vara både tätare och hållbarare än betongrör. De är dessutom lättare att bygga ut om det skulle behövas i framtiden då ingen svetsning krävs. De går att få med en mängd olika lösningar för bästa anpassning till platsen tex spolanordningar, sandfångsbrunn, oljeskiljare, inspektionsbrunn, flödesreglering och filterbrunnar mm. I de större modellerna kan man gå ner i magasinet via en inspektionsbrunn för bättre inspektionsmöjlighet. Flödesregleraren kan sättas både före och efter rörmagasinet och kan ställas in på flöden mellan 1 l/s till 1000 l/s.



Figur 6. Illustration av hur rörmagasinsystem kan utformas (Uponor 2013b).

Aldheimer (2004) skriver att många avsättningsmagasin är platsgjutna i betong. Ett av dem är avsättningsmagasinet Ryska smällen i Stockholm. Dagvatten från bland annat den tungt trafikerade Johanneshovsbron behandlas i anläggningen. Konstruktionen är utformad så att 15 mm nederbörd på en yta av 7300 m² ska tas om hand i magasinet, resten bräddas ut i recipienten. För att nå god reningseffekt är tanken att dagvattnet ska ha en uppehållstid i magasinet på 36 timmar för sedimentation. En oljeskärm skiljer bort olja och andra flytande ämnen. För att hindra virvlar som rör runt i magasinet finns en avskärmning vid inloppet. Magasinet har pumpar som styrs av en nivågivare som ser till att utflödet är rätt och att ett nytt regn ska få plats i magasinet.



Figur 7. Egen illustration av ett avsättningsmagasin.

Drift och underhåll

Uponors magasin kräver regelbunden spolning för att motverka lukt och igensättning. Regelbunden tillsyn av flödesregulatorn och utjämningsanordningen är också viktig för full funktion. Borttagning av sediment sker en gång per år. Efter skyfall bör inspektion och grovrengöring göras i brunnar och galler (Uponor 2013c).

Anläggningen Ryska smällen ses till 2-3 gånger per månad och tömning av sediment sker efter behov, med 3-4 års mellanrum. Tömning sker av slamsugarbilar som lämnar sedimenten på soptippen. Driftkostnaden för anläggningen uppgår till 70 000 – 75 000 kr/år. Anläggningen kostade år 1997 ca två miljoner kronor att bygga (Aldheimer 2004).

Reningseffekt

Reningseffekten i avsättningsmagasinet i Ryska smällen sker framför allt via sedimentation, men också genom oljeskärmen som samlar upp olja och andra flytande föroreningar, se tabell 7 (Aldheimer 2004). Sedimentationstiden styr hur stor reningseffekten blir i avsättningsmagasinen. Behövs det ytterligare rening kan det ske genom en koaguleringsprocess om det tillsätts aktivt kol tillsammans med fällningskemikalier. De lösta föroreningarna är svårast att rena i avsättningsmagasinen för att de sedimenterar sakta (Gatu- och fastighetskontoret U.Å.).

Tabell 7. Reningsprocent i avsättningsmagasinet Ryska smällen (Aldheimer 2004)

Ämne	Reningseffekt i %
Suspenderat material	84%
Tungmetaller	60 -76%
Totalkväve	15%
Totalfosfor	65%
Olja	39-55%

Fördelar/nackdelar

Enligt Larm (1994) fungerar magasinen bra till att reducera flödestoppar och fördröja stora vattenmängder. Det förhindrar i sin tur översvämningar. En annan god egenskap är att ledningsdimensioner nedströms kan minskas. Aldheimer (2004) beskriver avsättningsmagasin som effektiva renare av dagvatten. De kan ta emot mycket förorenat dagvatten till skillnad från många andra LOD-lösningar. De har även en lång livslängd. Men det finns nackdelar också, till exempel är de väldigt dyra att bygga jämfört med öppna dammar som har ungefär samma funktion. De tar däremot inte någon betydande plats ovan jord och passar därför bra i innerstaden där det inte finns så mycket utrymme. Vidare menar Larm (1994) att magasinen inte bidrar till någon infiltration som skapar en naturlig vattenbalans. En annan nackdel är att deponin från avsättningsmagasinen inte kan hanteras på ett säkert sätt.

Intervju med Lars-Erik Widarsson

Lars-Erik Vidarsson jobbar som dagvattenspecialist för Nordvästra Skånes vatten och avlopp, NSVA.

Användning

Han tycker att underjordiska magasin främst ska användas för fördröjning och utjämning av flödestoppar. De ska ta hand om de första minuterna av ett regn där de största föroreningarna följer med. För att livslängden på magasinerna ska bli bra krävs mycket skötsel. Han menar även att förbehandling innan magasinerna tar emot dagvattnet är viktigt. Genom att ha sandfång innan magasinet eller en sedimenteringsdel går det att rensa lättare och hålla magasinet renare längre. Han tyckte att underjordiska fördröjningsmagasin var dyra att anlägga om de ska dimensioneras för kraftigare regn som till exempel 10-årsregn. I Helsingborg har de installerat stora rörmagasin under parkeringen vid Väla Köpcentrum som samlar upp dagvatten från området. Magasinen har lamellavskiljare som förbehandlade dagvattnet, genom bland annat oljeavskiljning, innan det kommer in i magasinet. Från rörmagasinet leds vattnet via en flödesreglerare till reningsdammar i Helsingborgs utkant, där föroreningarna kan sedimentera.

När det gäller rening av suspenderat material så menar han att en bra lösning är att låta dagvattnet rinna ut över gräsbeklädda slänter där vattnet kan infiltrera. Vattnet mynnar sedan ut i diken där ytterligare rening sker. På så sätt kan även de minsta partiklarna filtreras bort. I avsättningsmagasin tar det lång tid innan de minsta partiklarna sedimenterar och ofta är uppehållstiden för kort i magasinerna. Därför hinner inte de minsta partiklarna sedimentera innan vattnet släpps vidare.

Hans erfarenheter av permeabla ytor var inte så stora men när han jobbade i Malmö anlades några permeabla asfaltsvägar. Men hans erfarenheter var att de lätt sattes igen och infiltrationen uteblev. Han har inte varit med och konstruerat genomsläppliga asfaltsytor med NSVA i nordvästra Skåne. Han menar att genomsläppliga beläggningar fungerade bäst på parkeringar och andra ytor med enstaka fordon.

För bästa reningseffekt kan det vara bra att kombinera olika lösningar, till exempel kan gröna tak och fördröjningsmagasin kombineras för att minska bräddningsrisken.

Vidare berättade han att underjordiska magasin i form av fördröjningsmagasin och avsättningsmagasin är vanliga i Sverige. Permeabel asfalt används inte så mycket i Sverige på grund av dåliga erfarenheter. Han tyckte att perkolationsmagasin är en så kallad nischlösning. De fungerar att använda vid mindre tomter där dagvattnet inte är så förorenat, annars är det bättre med andra lösningar.

Skötsel och underhåll

När det gäller skötsel och underhåll så missas ofta tömningen av sandfång och rännstensbrunnar. Det medför att nya regn tar med sig föroreningar som sedimenterat i brunnarna. Brunnarna brukar inte tömmas förrän de har blivit helt igensatta eller fått dålig funktion. Med regelbunden tömning menar han att stor del av föroreningarna från brunnarna inte behöver komma ut i dagvattnet.

Livslängd

Han tyckte att det är svårt att fastställa livslängden på de olika lösningarna. Livslängden på de genomsläppliga beläggningarna beror mycket på hur förorenad marken är, jordarter i området och trafiktäthet. Jordarter som lätt flyger iväg kan täta porerna i det genomsläppliga materialet. När det gäller magasinen så kan livslängden ökas genom bra förbehandling. Man kan använda sig av sandfång eller en sedimenteringsdel innan vattnet når perkolationsmagasinet. Då tar det längre tid innan perkolationsmagasinet blir igenslammat. Vidare berättade han att skötseln var väldigt viktig för att livslängden skulle bli bättre. Utan skötsel försämras reningen snabbt och magasinen sätts igen snabbare.

Diskussion

Min litteraturstudie är baserad på litteratur från böcker, rapporter och webbplatser. Jag började med att söka genom biblioteket i Alnarp och Malmö Stadsbibliotek för att se om där fanns lämplig litteratur, både i form av böcker och databaserade skrifter. Jag hittade några bra böcker som har varit till hjälp under hela arbetets gång. Många av böckerna har några år på nacken och LOD utvecklas hela tiden så jag kom snabbt fram till att de mest uppdaterade platserna att söka information på var från internet. Den största delen information från internet är hämtad från olika kommuners hemsidor, men också från rapporter av bland annat länsstyrelsen och trafikverket. Några av de källor jag har valt att använda har varit lite tveksamma, vissa på grund av ålder och andra för att de i första anblicken inte verkat tillförlitliga. Jag har gjort bedömningen att de fungerar att ha med i arbetet. De äldsta böckerna har främst använts under bakgrundsdelens och de källorna som inte verkat lika tillförlitliga har fått begränsat utrymme. Jag har valt att ha med en intervju i arbetet för att se om litteraturen säger en sak och det fungerar annorlunda i verkligheten. Jag tycker att arbetet har flutit på bra men att småsaker kan göra att det inte händer något på ett tag. Det känns också som jag har under arbetets gång blivit bättre på att söka information, vilket har gjort att jag har fått välja bort några bra källor som jag hittat sent.

Syftet med arbetet handlade om att undersöka hur de underjordiska magasinen kunde ta hand om dagvattnet. Till en början handlade litteratursökandet om att se vilka olika typer av magasin och LOD-lösningar som jag skulle skriva om. Jag märkte snabbt att där fanns fler lösningar och varianter än vad jag trodde. Därför var jag tvungen att välja ut några olika ur mängden för att kunna gå in lite mer grundligt på dem. Jag tog de tre lösningarna som jag trodde fungerade bäst inne i städerna. Egentligen hade jag velat ha med fler olika lösningar men det hade gjort att jag inte hade kunnat gå in på djupet på samma sätt.

Med hjälp av frågeställningen hoppades jag få svar på vad de tekniska lösningarna hade för egenskaper och begränsningar. Med den frågeställningen ville jag få fram om de fungerade bra att använda i städer och om de var lösningar för framtiden. Frågeställningen som valdes har gjort det lättare att koncentrera sig på rätt delar och på så sätt nå målen med arbetet. Däremot har avgränsningen fått ändras lite på grund att mitt arbetsområde var mycket större än vad jag från början trodde. Även om jag inte är riktigt nöjd tycker jag att frågeställningen har besvarats i arbetet. För att vara nöjd med arbetet hade jag velat ha med lite mer historia och teknisk information om de olika lösningarna, kanske också några fler demonstrerande bilder och figurer. Men jag tycker ändå att läsaren får en bra inblick i hur de olika magasinen fungerar och vilka användningsområden de har.

Alla arbetets figurer är ritade av mig själv. Det har gjorts av flera olika anledningar. För det första var det svårt att få tag på personerna som hade gjort figurerna för att fråga om tillåtelse. Men det handlade också om att jag inte hittade bra figurer till alla områden. För att få samma design på alla figurerna valde jag att rita dem själv. Från början tog jag figurer från flera olika källor, men det var så stor skillnad i utformning och teckensnitt, att arbetet bara såg ihopklippt ut.

Litteraturstudien börjar med en bakgrunds- och problematikdel för att läsaren ska förstå hur viktigt ämnet är. Som yrkesman är det viktigt att känna till historik och problematik inom ämnet man arbetar med för att få en bra helhetsbild. Därför var det viktigt för mig att först bli insatt i hur dagvattenhanteringen har sett ut genom åren och hur problematiken har styrt utvecklingen framåt. I bakgrundsdelens fungerade den lite äldre litteraturen bra som källa. Jag valde att inte gå in för djupt

på detaljer i bakgrundsdel, utan bara beröra de punkter som jag tyckte var viktiga att ta upp. Det hade däremot varit väldigt intressant att lära sig mer om hur dagvattenhanteringen har utvecklats. Jag kan tänka mig att den snabba exploateringen av städerna ledde till väldigt stora problem med översvämningar och dålig lukt. Det måste ha kostat ofantliga summor pengar att lägga ner stora ledningar överallt. Då var det inte tal om att rena och fördröja dagvattnet utan allt dagvatten tillsammans med spillvatten leddes direkt ut i våra vattendrag. Eftersom dagvatten förr inte ansågs smutsigt så har de renande och fördröjande lösningarna först utvecklats senare år när alla negativa effekterna på djur och natur uppmärksammades. Jag tycker att historiedelen gör att läsaren fångas och vill veta mer om utvecklingen och hur man kan lösa dagvattenhanteringen.

Jag valde att ha med problematiken med dagvattenhanteringen i staden för att få en inblick i vad man måste ta hänsyn till vid anläggning av nya dagvattenlösningar. Människor tänker ofta inte på att deras nybyggda hårdgjorda yta kan göra att grannen nedströms riskerar att få översvämningar på tomten. Dessutom riskerar de som hårdgör stora ytor att få sättningar och sämre växtförhållanden till följd av sänkt grundvatten. Ett annat problem att handskas med är klimatförändringarna och de ökade nederbördsmängderna. Jag har funderat en del över hur den ökade nederbörden ska tas omhand i redan bebyggda områden. Ska vattnet få översvämma torg och grönytor eller ska bräddningssystem leda vattnet direkt till recipienten. Jag tycker att takvatten och annat svagt förorenat vatten i första hand kan ledas till recipient utan rening och det kraftigt förorenade vattnet ska fördröjas och renas i största möjliga mån. Vilken typ av fördröjning och rening beror på platsens förutsättningar.

Hållbar dagvattenhantering handlar just om att bekämpa problematiken genom att fördröja och rena dagvattnet längs vägen till recipienten. Ett annat begrepp som kan användas istället för hållbar dagvattenhantering är ekologisk dagvattenhantering, ED. Men i litteraturen jag har läst har inte begreppet tagits upp.

Precis som med de flesta andra nya teknikerna var inte LOD-anläggningarna så bra från början. Tekniken fick ett dåligt rykte för att dagvattenlösningarna dimensionerades och placerades fel med översvämningar som följd. Jag tycker att det verkar som att det dåliga ryktet först suddades ut på riktigt när gestaltningen blev en viktig del i planeringen. Då kunde rening och fördröjning kombineras med vackra öppna dagvattenlösningar och växtbäddar och på så sätt blev lösningarna accepterade av allmänheten också.

Jag har valt att skriva om underjordisk magasinering som är en del av den hållbara dagvattenhanteringen. Det som är gemensamt för de underjordiska lösningarna är att de inte är estetiskt tilltalande som till exempel öppna dagvattenlösningar och växtbäddar. Som landskapsingenjör vill jag egentligen ha en grön lösning som kan innefatta både fördröjning, rening och växtmaterial. De genomsläppliga beläggningarna är ett undantag då det finns fina gräsarmeringar som har ett visst grönt inslag. Men jag tycker att den estetiska nackdelen vägs upp av att de underjordiska magasinerna kan användas under hårdgjorda ytor och att de inte tar någon betydande plats ovan jord. Dessutom syns det inte på samma sätt om ett underjordiskt magasin är misskött jämfört med de ytliga dagvattenlösningarna.

De tre dagvattenlösningarna jag valde att skriva om är perkolationsmagasin, genomsläppliga beläggningar och fördröjnings- och avsättningsmagasin. Anledningen är att alla går att använda inne i staden där bristen på plats ovan jord är stor. Jag tycker att perkolationsmagasinen främst ska

användas till avvattning av takytor och andra lågt förorenade ytor på grund av den dåliga reningseffekten. Takyterna utgör en stor del av de hårdgjorda ytorna så användningen av perkolationsmagasinen fungerar överallt i staden, från villaområden till bostadsgårdar och kontorshus. I litteraturstudien framgår det att den bästa platsen för perkolationsmagasinen är på bostadsgårdar och villatomter. Jag tycker att användningsområdena för perkolationsmagasinen kan utökas. Kombinerar perkolationsmagasinen med till exempel en infiltrationsyta så blir reningen bättre samtidigt och fördröjningstiden längre. De genomsläppliga beläggningarna känns lite som en blandning av infiltrationsyta och perkolationsmagasin. De genomsläppliga beläggningarna avvattnar mer förorenade ytor än perkolationsmagasinen. Vad jag fått fram i intervjun är att det inte används så mycket genomsläpplig asfalt på grund av dåliga erfarenheter. Jag tror att det beror på att kunskapen bland de som ska sköta ytorna är bristande och på så sätt har funktionen blivit lidande.

I litteraturen står det om de underjordiska magasinens huvudsakliga funktioner och begränsningar. Det står mindre om hur de kan kombineras med andra lösningar för att uppnå bättre resultat. Jag tyckte att det som Lars-Erik Widarsson sa om fördröjningsmagasinens storlek var intressant. I intervjun berättade han att magasinerna ska göras små för att de är dyra att bygga. I de små magasinerna kan dagvattnet fördröjas för att sedan leda vidare vattnet till en större öppen damm där vattnet renas. Jag tycker olika kombinationer av lösningar kan vara ett alternativ om man vill ha utökad funktion. Det kan också medföra ekonomiska fördelar. Ofta är det ekonomin som styr vilken lösning som väljs. Som landskapsingenjör är ekonomin väldigt viktig. För att välja rätt lösning och få en bra helhetsbild måste det även vävas in kostnader för skötsel och underhåll, beräknad livslängd, reningseffekt och estetisk etc.

En annan smart lösning som presenterades i litteraturstudien var trafikverkets projekt i Stockholm där dagvatten från hårt trafikerade broar ledde ner till avsättningsmagasin via hänggrännor. Jag tycker att det är en väldigt smart lösning på en riktig problemyta. Avsättningsmagasinen har ungefär samma funktion som en dagvattendamm där vattnet kan sedimentera. Däremot begränsas dammarna av att de kräver väldigt stor plats ovan jord. Den platsen finns inte på många ställen inne i centrala Stockholm och då fungerar det mycket bättre med ett avsättningsmagasin som till största delen ligger under markytan.

De genomsläppliga beläggningarna har ibland inte som främsta ändamål att hantera dagvatten. Genomsläpplig asfalt har en bullerdämpande effekt som gör att den enligt mig passar bra att använda vid kyrkogårdar och andra platser där lugn och fridfullhet är en viktig faktor. Den genomsläppliga asfalten anläggs också för att förhindra tjälskott. Min slutsats är därför att ett perfekt användningsområde för genomsläpplig asfalt är på kyrkogårdar och andra rofyllda platser i norra Sverige. En annan anledning till att lägga genomsläpplig asfalt på norrländska vägar är att där inte saltas och sandas på samma sätt som i södra Sverige. På så sätt sätts inte beläggningen igen lika snabbt, vilket medför längre livslängd och bättre infiltrationsförmåga.

Reningseffekten i magasinerna skiljer rätt mycket. Perkolationsmagasinen har ingen större reningseffekt men har inte heller som främsta ändamål att rena dagvattnet. Avsättningsmagasinen har däremot rening som ett av huvudmålen. Jag tycker som det tidigare skrivits, att de ska anläggas på platser där utrymmet är begränsat ovan jord. I andra fall är öppna dammar ett bättre alternativ på grund av mycket lägre kostnader och en vackrare lösning estetiskt sett.

Som landskapsingenjör har jag många gånger fått höra hur viktigt bra skötsel och underhåll är för att funktion och livslängd inte ska försämrats. Det gäller även för de underjordiska magasinen. Perkulationsmagasinen kräver som regel minst skötsel. Men det betyder inte att de är underhållsfria. Sker inte rensning av stuprännor och sandfång förkortas livslängden snabbt på grund av igensättning. Den lösning som kräver mest skötsel är de genomsläppliga beläggningarna och framför allt genomsläpplig asfalt på grund av högre trafikbelastning. Den genomsläppliga asfalten har många positiva egenskaper i form av bland annat hög reducering av dagvattenflöden, bra infiltration och magasineringsskapacitet och bullerdämpande effekt. Alla dessa positiva egenskaper kan snabbt försvinna vid bristande skötsel och underhåll. Det jag främst tror brister i skötseln är halkbekämpningen på vintern. Salt och sand gör att ytorna snabbt täpps till. Det kan vara en anledning till att Lars-Erik Widarsson i intervjun menade att han hade dåliga erfarenheter av genomsläpplig asfalt. Jag kan tänka mig att Skåne är en av de sämre platserna att anlägga genomsläpplig asfalt på grund av de slaskiga vintrarna där mängder av sand och salt används. Som jag tidigare tog upp är det nog bättre att anlägga den genomsläppliga asfalten längre norrut där det inte saltas och sandas på samma sätt. Platser längre söderut där temperaturen inte går under nollstrecket så ofta fungerar också bättre.

Avsättningsmagasinen kräver relativt lite skötsel och underhåll. Den största nackdelen förutom de höga anläggningskostnaderna är enligt mig att deponin inte kan tas omhand på ett säkert sätt. Går det att lösa så tycker jag att avsättningsmagasinen är en bra lösning. Dessutom vägs den höga anläggningskostnaden till stor del upp av magasinens långa livslängd.

Avslutningsvis tror jag att de underjordiska magasinen kommer vara bra lösningar för framtiden när städerna förtätas och marken blir mer och mer värdefull. Men de klarar inte av att lösa dagvattenhanteringen på egen hand, det krävs en hel kedja av lösningar längs vägen till recipienten där dagvattnet succesivt kan renas och fördröjas.

Källförteckning

- Aldheimer, G. (2004). *Dagvatten, Avsättningsmagasin Ryska smällen*. [Elektronisk] Stockholm: Stockholm Vatten AB. (Rapport 11-2004). Tillgänglig: <http://www.stockholmvatten.se/commondata/rapporter/avlopp/dagvatten/ryskasmallen.pdf> (2013-03-03).
- Boligministeriet. (1994). *Brug regnvandet i gården*. Köpenhamn: Bygge- og boligstyrelsen
- Boverket. (1995). *Vatten i detaljplan*. Karlskrona: Boverkets allmänna råd, 1995:2
- Butler, D. Davies, JW. (2004). *Urban drainage*. 2nd edition. London: Spon press
- Bäckström, M. & Forsberg, C. (1998). *Norrländsk gatusektion*. [Elektronisk] Luleå: Luleå tekniska universitet. Tillgänglig: <http://webbutik.skl.se/bilder/artiklar/pdf/7099-707-1.pdf> (2013-03-01)
- Ferguson, B. (2005). *Porous pavements*. Boca Raton: CRC Press (Integrative studies in water management and land development; 6)
- Gatu- och fastighetskontoret (U.Å.). *Rening av dagvatten*. [Elektronisk] Stockholm: Svenskt vatten: del 3 Tillgänglig: http://www.stockholmvatten.se/commondata/rapporter/avlopp/dagvatten/rening_av_dagvatten_ext_webb.pdf (2013-03-06).
- Gudmundsson, I. (2011-08-16). *Visualisering av klimatförändring – utmaningar för stadsplanering*. [Elektronisk]. Tillgänglig: <http://www.smhi.se/forskning/visualisering-av-klimatforandring-utmaningar-for-stadsplanering-1.17424> (2013-03-06)
- Holmstrand, O., Lind, B, Berggren, H., Bramryd, T., Henrikson, L., Hogland, W., Rosenqvist, T. & Stenmark, C. (1991). *Lokalt omhändertagande av dagvatten*. Göteborg: Chalmers tekniska högskola
- Kropp, W. (2011-06-05). *–Enkellagers, porös asfalt*. [Elektronisk] Göteborg: Ljudlandskap, Chalmers tekniska högskola. Tillgänglig: http://www.ljudlandskap.acoustics.nu/ljudbok.php?del=anvaendare&kapitel=kapitel_10&rubrik=rubrik2_1 (2013-03-08).
- Köpenhamns kommun (2011a). *Metodekatalog til lokal afledning av regnvand (LAR) – Faskine*. [Elektronisk] Köpenhamn: Köpenhamns kommun. Tillgänglig: <http://www.kk.dk/da/erhverv/tilladelser/byggeri/vand/lokal-afledning-af-regnvand/metoder-til-lar/metodekatalog> (2013-03-03).
- Köpenhamns kommun (2011b). *Metodekatalog til lokal afledning av regnvand (LAR) - Permeable belægninger*. [Elektronisk] Köpenhamn: Köpenhamns kommun. Tillgänglig: <http://www.kk.dk/da/erhverv/tilladelser/byggeri/vand/lokal-afledning-af-regnvand/metoder-til-lar/metodekatalog> (2013-03-03).
- Larm, T. (1994). *Dagvattnets sammansättning, recipientpåverkan och behandling*. Stockholm: VA-forsk rapport 1994-06.
- Malmö Stad. (2010). *Så förtätar vi Malmö!* [Elektronisk] Malmö: Malmö stadsbyggnadskontor

NSVA. (2012). *Dagvattenpolicy i Landskrona*. [Elektronisk]. Landskrona: NSVA. Tillgänglig: http://www.nsva.se/Documents/Dokument/NSVA_Dagvattenpolicy_Landskrona.pdf?epslanguage=sv (2013-03-03).

Persson, P., Gallardo, I., Kallioniemi, K & Foltin, A-M. (2009). *Plan PM Dagvatten*. [Elektronisk]. Malmö: Länsstyrelsen i Skåne (Länsstyrelserapport 2008:24). Tillgänglig: http://www.lansstyrelsen.se/skane/SiteCollectionDocuments/sv/publikationer/pluskatalogen/PM_dagvattenwebb.pdf (2013-03-03).

S:t Eriks. (2012). *Gräsarmering Birka*. [Elektronisk] Tillgänglig: <http://www.steriks.se/sv/Produktsortiment/Markbelaggnings/Plattor/Grasarmering-Hansa/> (2013-03-03)

Stockholms stad. (U.Å.) *Ta hand om ditt vatten*. [Elektronisk] Stockholm: Vetenskapsjournalisterna Tillgänglig: http://www.stockholmvatten.se/commondata/infomaterial/Avlopp/Ta_hand_om_ditt_vatten.pdf (2013-03-03).

Svenskt Vatten AB. (2004). *Publikation P90, Dimensionering av allmänna avloppsledningar*. Stockholm: Svenskt Vatten AB

Svenskt Vatten AB. (2011). *Publikation P105, Hållbar dag- och dränvattenhantering*. Stockholm: Svenskt Vatten AB

Svensson, G. (2012). *Hållbar dagvattenhantering*. [Elektronisk] Halmstad: Urban waters AB. Tillgänglig: <http://www.lansstyrelsen.se/halland/SiteCollectionDocuments/Sv/miljo-och-klimat/klimat-och-energi/Klimatanpassning/Planeringsf%C3%B6rut%C3%A4ttningar%20f%C3%B6r%20vatten%2013%20april%202012/H%C3%A5llbar%20dagvattenhantering.pdf> (2013-03-03).

Trafikverket (2013-02-26). *Dagvatten- det smutsiga vattnet från våra vägar*. [Elektronisk] Tillgänglig: <http://www.trafikverket.se/Privat/I-ditt-lan/Stockholm/Dagvatten--det-smutsiga-vattnet-fran-vara-vagar-/?tabId=22644> (2013-03-03).

Uponor. (2013a). *Uponor IQ: Dagvattenkassetter och Tunnlar*. [Elektronisk] Tillgänglig: http://www.uponor.se/~media/Files/Uponor/Sweden/Infrastructure_solutions/Teknisk%20Handbok%20INF/64IQDagvattenkassettertunnlar.pdf (2013-03-06).

Uponor. (2013b). *Uponor IQ: Fördröj dagvattnet redan vid källan*. [Elektronisk] Tillgänglig: http://www.uponor.se/~media/Files/Uponor/Sweden/Infrastructure_solutions/Saljbroschyrrer/DAG_IQ_INFILTRATION_Utjamningsmagasin.pdf (2013-03-10)

Uponor. (2013c). *Uponor IQ: Utjämningsmagasin*. [Elektronisk] Tillgänglig: http://www.uponor.se/~media/Files/Uponor/Sweden/Infrastructure_solutions/Teknisk%20Handbok%20INF/63Utjamningsmagasin.pdf (2013-03-06).

VAV. (1996). *Frågor och svar om vatten och avlopp*. Nordisk bokindustri AB

Muntliga källor

Lars-Erik Widarsson, dagvattenspecialist på NSVA, intervju över telefon (2013-02-27)

Mikael Löfving, driftledare på Kommun teknik i Malmö, besök på arbetsplats (2013-03-04)